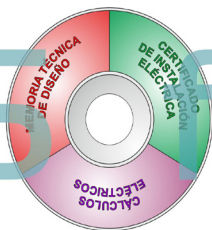


Manual Técnico del Electricista

Protecciones eléctricas

ACTUALIZADO
3ª EDICIÓN

PE



SOftware para Instaladores Autorizados

Para realizar certificados eléctricos

© P.L.C. Madrid®

C/ Toledo 176

28005-Madrid Tlf: 913 660 063

Fax: 913 664 655

www.plcmadrid.es

plcmadrid@plcmadrid.es

JOSÉ MORENO GIL.

ALEJANDRO PINDADO RUIZ.

CARLOS FERNÁNDEZ GARCÍA.

RUBÉN MONTEERRUBIO CÉSPEDES.

© Reservados todos los derechos de la obra

No está permitida la reproducción total o parcial de este libro, de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, por fotocopia, por registro u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito de P.L.C. MADRID®.

3ª Edición

Edita P.L.C. MADRID®

Depósito Legal M-5354-2016

I.S.B.N. 84-95357-70-4

INDICE DE CONTENIDOS

Presentación.....	2
Simbología eléctrica.....	3
Tipos de protecciones.....	5
Sistemas de conexión del neutro y masas.....	6
Puesta a tierra.....	8
Medidas y ubicación del cuadro general de mando y protección.....	12
El Interruptor magnetotérmico	
Partes.....	14
Funcionamiento.....	15
Tipos.....	16
Curvas de disparo.....	18
El Interruptor diferencial	
Partes.....	22
Funcionamiento.....	23
Tipos.....	24
Valores de disparo.....	26
Protección del interruptor diferencial.....	32
Selectividad.....	33
Protección contra sobretensiones	
Partes.....	34
Funcionamiento.....	36
Tipos de sobretensiones.....	38
Categorías de sobretensiones.....	40
El Fusible	
Partes.....	42
Funcionamiento.....	43
Tipos de fusibles y bases portafusibles.....	44
Curvas de fusión.....	46
El Relé térmico	
Partes.....	50
Funcionamiento.....	51
Elección.....	52
Accionamiento.....	53
Coordinación entre los conductores y dispositivos de protección.....	54

PRESENTACIÓN

Las protecciones eléctricas son parte fundamental de nuestras instalaciones. Resulta por lo tanto vital, el conocimiento de las mismas, su cálculo y la correcta elección e instalación. Todo ello nos permiten un uso más seguro y racional de las instalaciones eléctricas.

El objetivo de este manual técnico, es ofrecer tanto a los estudiantes como a los electricistas una visión general eminentemente práctica de los distintos tipos de protección, su funcionamiento y aplicaciones.

El manual extracta y sintetiza múltiples datos técnicos en cuadros de consulta rápida haciendo así fácil la comprensión de complejas explicaciones con sencillos dibujos, esquemas y ejemplos de aplicación.

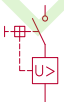
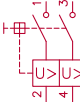
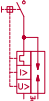
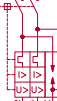
La selección de los contenidos, se ha realizado pensando en los casos más generales, aunque eso ha supuesto hacer descartes. Deseamos haber estado acertados, no obstante, estamos abiertos a propuestas que ayuden a mejorar el manual.

En suma, creemos que con esta colección de “manuales técnicos del electricista” en el bolsillo, cualquier profesional del sector va a tener una importante herramienta de consulta para su trabajo diario. Así mismo, pensamos que van a ser de gran utilidad para los estudiantes de electricidad a cualquier nivel educativo.

Este manual lo queremos dedicar a nuestros abonados al Servicio y Gestión al Profesor (S.G.P.). Un grupo selecto de profesionales de la educación, que con su trabajo diario contribuyen a formar los futuros profesionales del sector eléctrico. Su inquietud y ánimo de superación les hace diferentes. Por encima de todo les une el amor a la profesión, y el trabajo bien hecho.

Simbología eléctrica normalizada				
Mecanismo	Símbolo		Descripción	Condiciones de instalación
	Unifilar	Multifilar		
			Interruptor de control de potencia (ICP)	Se instalará antes de los dispositivos de protección, en caja precintable. Altura entre 1,4 y 2 m.
			Interruptor automático bipolar F+N (PIA) magnetotérmico	Los dispositivos generales e individuales de mando y protección, cuya posición de servicio será vertical, se instalarán en cuadros de distribución.
			Interruptor automático bipolar (PIA) magnetotérmico	
			Interruptor automático tripolar (PIA) magnetotérmico	Su poder de corte será suficiente para la intensidad de cortocircuito que pueda producirse en el punto de su instalación. Este poder de corte será como mínimo de 4,5 kA.
			Interruptor automático tetrapolar (PIA) magnetotérmico	En todos los casos el corte será de tipo omnipolar. (Corte de todos los polos)
			Interruptor diferencial bipolar	Se instalarán en cuadros de distribución. Cuando se prevean corrientes no senoidales (producidas por equipos electrónicos) se emplearán diferenciales del tipo A.
			Interruptor diferencial tetrapolar	

Simbología eléctrica normalizada

Mecanismo	Símbolo		Descripción	Condiciones de instalación
	Unifilar	Multifilar		
			Fusible	Se instalarán en bases apropiadas diseñadas especialmente a este fin.
			Pletina de neutro	Su poder de corte es muy superior al ofrecido por los interruptores magnetotérmicos.
			Elemento a tierra	Se compone de un electrodo o grupo de electrodos enterrados en el suelo.
			Relé térmico o guardamotor	Va asociado siempre a un contactor.
			Protector contra sobretensiones transitorias	Recomendada en las líneas de alimentación principal 230/400 V en corriente alterna.
			Protector bipolar contra sobretensiones permanentes	No contemplándose en la misma otros casos como, por ejemplo, la protección de señales de medida, control y telecomunicación.
			Protector bipolar contra sobretensiones combinado	Preceptivo de acuerdo al Art. 16, y la ITC-BT 23 del REBT. Se recomienda ver la GUÍA-ITC-BT 23.

TIPOS DE PROTECCIONES

INTERRUPTOR AUTOMÁTICO MAGNETOTÉRMICO

Dispositivo de protección automático destinado a proteger los **conductores** frente a sobrecargas (elevación progresiva de la intensidad en periodos largos de tiempo) y cortocircuitos (elevación brusca de la intensidad en periodos de tiempo muy cortos).



INTERRUPTOR DIFERENCIAL

Elemento de protección automático encargado de proteger a las **personas y animales** ante contactos indirectos en combinación con la puesta a tierra.



FUSIBLE

Dispositivo de protección compuesto de un filamento encapsulado, utilizado para proteger los **conductores** ante cortocircuitos y en algunos casos contra sobrecargas, su mayor característica es su elevado poder de corte.



LIMITADOR DE SOBRETENSIONES

Dispositivo de protección destinado a proteger la **instalación** contra sobretensiones transitorias y/o permanentes mediante la descarga a tierra o el corte del suministro, respectivamente.



RELÉ TÉRMICO

El relé térmico o guardamotor, se emplea para proteger **exclusivamente al motor** frente a sobreintensidad o la falta de una de las fases. Su curva de disparo está referida siempre al motor a proteger.



SISTEMAS DE CONEXIÓN DEL NEUTRO Y MASAS

1º Letra: Se refiere a la situación de puesta a tierra del neutro en el **centro de transformación**.

T: Conectado a tierra.

I: Aislado con respecto a tierra o conectado a través de una impedancia.



2º Letra: Define la conexión de las masas de los **receptores**.

T: Conectadas directamente a tierra.

N: Conectadas al conductor neutro.



Otras Letras: Se refiere a la disposición del **conductor del neutro y del conductor de protección**.

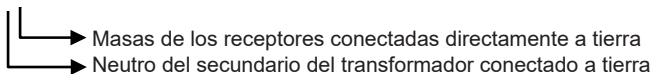
S: Conductores separados.

C: Conductores unidos (CPN).

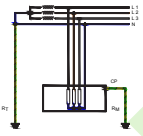
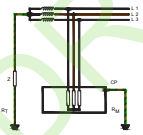
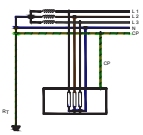
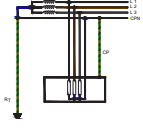
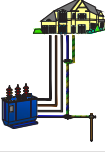
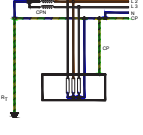
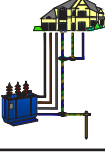


Ejemplo:

TT



SISTEMAS DE CONEXIÓN DEL NEUTRO Y MASAS

Distribución	Descripción	Esquema	Ejemplo
TT	En el sistema TT se conecta el neutro del transformador directamente a tierra y en otra tierra independiente se conectan las masas de la instalación receptora.		
IT	La alimentación no tiene ningún punto conectado directamente a tierra o lo está por medio de una impedancia, mientras que las masas de la instalación receptora están puestas directamente a tierra. Se recomienda no distribuir el conductor neutro.		
TN-S	El conductor neutro y el de protección están unidos directamente a la misma tierra, pero a lo largo de la instalación se emplean dos conductores distintos en todo el recorrido eléctrico.		
TN-C	Las funciones de neutro y protección están combinadas empleando un solo conductor hasta el punto de conexión de los receptores, donde se dividen.		
TN-C-S	Las funciones de neutro y protección están combinadas en un solo conductor en una parte de la instalación dividiéndose en un punto hasta el final de la instalación.		

CÁLCULOS DE PUESTA A TIERRA

La puesta o conexión a tierra es la unión eléctrica, **sin fusible ni protección alguna**, de una parte del circuito eléctrico o de una parte conductora no perteneciente al mismo mediante una toma de tierra con un electrodo o grupos de electrodos enterrados en el suelo.

Tensión máxima de contacto		
Tipo de local	Tensión máxima	Ejemplos
Locales secos	50 V	Oficinas, Locales comerciales...
Locales húmedos o conductores	24 V	Viviendas, estructuras metálicas...

Utilizando la ley de ohm y diferenciales de distinta sensibilidad se obtendrán los valores máximos admitidos de resistencia a tierra para locales secos y húmedos*

* Como norma y a efectos del cálculo del valor de la resistencia de puesta a tierra todas la instalaciones tendrán la consideración de húmedas, pues en casi todas existe siempre alguna zona húmeda, tales como aseos, baños, cocinas o similares.

U = Tensión máxima de contacto

I = Sensibilidad del interruptor diferencial

R = Valor máximo de resistencia de tierra

Valores de resistencia de puesta a tierra en función de tensión de contacto						
$R_{(0)} = U_{(V)} / I_{(A)}$	Tensión máxima de contacto					
	24 V (Loc. húmedo)			50 V (Local seco)		
Sensibilidad I. Diferencial	10 mA	30 mA	300 mA	10 mA	30 mA	300 mA
Resistencia máxima	2400 Ω	800 Ω	80 Ω	5000 Ω	1666 Ω	166 Ω

CÁLCULOS DEL CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA

La **ITC-BT 18** en la **tabla 2** indica la relación de reducción del conductor de protección con los conductores de fase.

Sección del conductor de tierra con respecto a la fase			
Sección conductores de fase S (mm ²)	Sección mínima conductores de protección (S_p)	Ejemplos tabla	
		Sección conductor fase	Sección conductor protección
$S \leq 16 \text{ mm}^2$	$S_p = S$	6 mm ²	6 mm ²
$16 \text{ mm}^2 < S \leq 35 \text{ mm}^2$	$S_p = 16 \text{ mm}^2$	25 mm ²	16 mm ²
$S > 35 \text{ mm}^2$	$S_p = S/2$	50 mm ²	25 mm ²

Ejemplo de aplicación 1:

Se pretende averiguar la sección mínima que corresponde a un conductor de protección siendo la sección de las fases de 95 mm²:

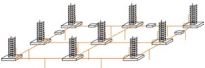
1º Paso: Averiguar cual es la mitad de la sección del conductor de fase, siendo el valor resultante 47,5 mm².

2º Paso: Una vez calculado se compara con los valores comerciales más cercanos, en este caso 35 mm² y 50 mm².

3º Paso: Se selecciona el valor comercial inmediatamente superior, 50 mm².

1º Paso	$95 \text{ mm}^2 / 2 = 47,5 \text{ mm}^2$
2º Paso	$35 \text{ mm}^2 < 47,5 \text{ mm}^2 < 50 \text{ mm}^2$
3º Paso	$35 \text{ mm}^2 < 47,5 \text{ mm}^2 < 50 \text{ mm}^2$

TIPOS DE ELECTRODOS DE PUESTA A TIERRA

Electrodo	Fórmula	Foto
Barras o Tubos	Verticalmente $R = \rho / L$ Horizontalmente $R = 2 \rho / L$	
Pletinas	$R = 0,2 \rho / (\sqrt[3]{v})$	
Conductores desnudos	Horizontalmente $R = 2 \rho / L$	
Placas	Verticalmente $R = 0,8 \rho / P$ Horizontalmente $R = 1,6 \rho / P$	
Anillos o mallas	$R = \rho / 4r$	
Armaduras de hormigón	$R = 0,2 \rho / (\sqrt[3]{v})$	

R = Resistencia (Ω)

 ρ = Resistividad del terreno (Ohm.m)

L = Longitud pica o conductor (m)

P = Perímetro de la placa (m)

v = Volumen

r = Radio

Ejemplo de aplicación 2:

Se pretende averiguar la resistencia de puesta a tierra que corresponde a una barra de una longitud de 2,5 metros enterrada de forma vertical en una zona donde el terreno está compuesto de arcilla plástica:

1º Paso: Conocer el método de instalación, tipo de electrodo y resistividad del terreno.

$$\text{Barra Verticalmente} \quad R = \rho / L$$

$$\rho = \text{arcilla plástica} = 50 \, \Omega \cdot \text{m} \quad (\text{Ver Tabla 3 ITC-BT 18})$$

$$L = 2,5 \text{ metros}$$

2º Paso: Con los datos obtenidos se calcula la resistencia de puesta a tierra.

$$R = \rho / L$$
$$R = 50 \, \Omega \cdot \text{m} / 2,5 \text{ metros} = 20 \, \Omega$$

Ejemplo de aplicación 3:

Se pretende averiguar la resistencia de puesta a tierra que corresponde a una placa de un perímetro de 4 metros enterrada de forma horizontal en una zona donde el terreno está compuesto de roca de mica y cuarzo:

1º Paso: Conocer el método de instalación, tipo de electrodo y resistividad del terreno.

$$\text{Placa horizontal} \quad R = 1,6 \, \rho / P$$

$$\rho = \text{Roca de mica y cuarzo} = 800 \, \Omega \cdot \text{m} \quad (\text{Ver Tabla 3 ITC-BT 18})$$

$$P = 4 \text{ metros}$$

2º Paso: Con los datos obtenidos se calcula la resistencia de la puesta a tierra.

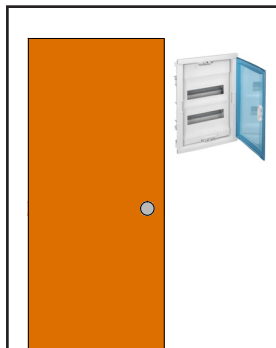
$$R = 1,6 \, \rho / P$$
$$R = 1,6 \cdot 800 \, \Omega \cdot \text{m} / 4 \text{ metros} = 320 \, \Omega$$

MEDIDAS Y UBICACIÓN DEL CUADRO GENERAL DE MANDO Y PROTECCIÓN

Alturas		
Instalación interior	Altura mínima	Altura máxima
Vivienda	1,4 m	2 m
Local / Oficina	1 m	Accesible

Ubicación		
Local / Oficina	Lo más próximo a la puerta de acceso	
Pública concurrencia	No accesible al público	
Vivienda	Recomendado	No permitido
	Lo más próximo a la puerta de acceso	 Dormitorios Baños Aseos

Elementos	
Protección	ITC-BT
Puesta a tierra	18
Interruptor general automático	22
Interruptor diferencial general*	24
Dispositivos de corte omnipolar	22
Dispositivos de protección contra sobretensiones	23
Tomas de tierra en viviendas	26

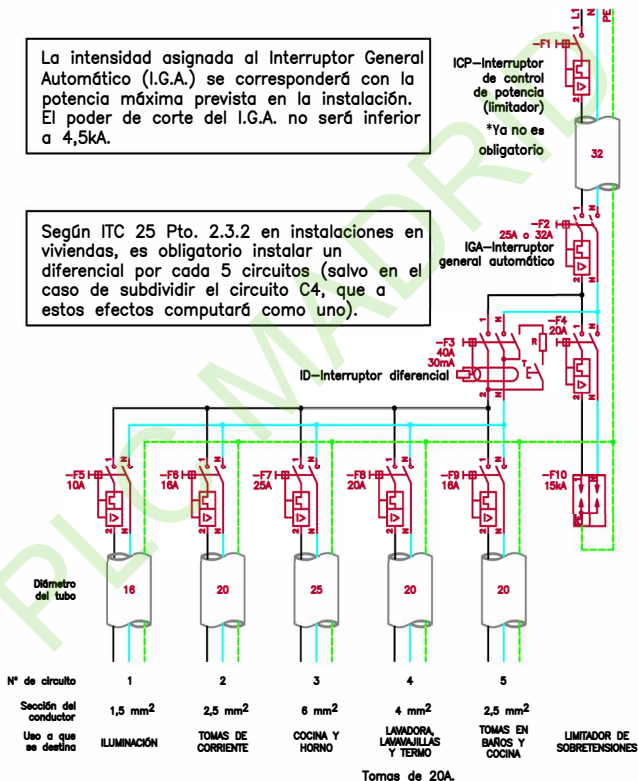


*El interruptor diferencial general puede ser sustituido por interruptores diferenciales parciales.

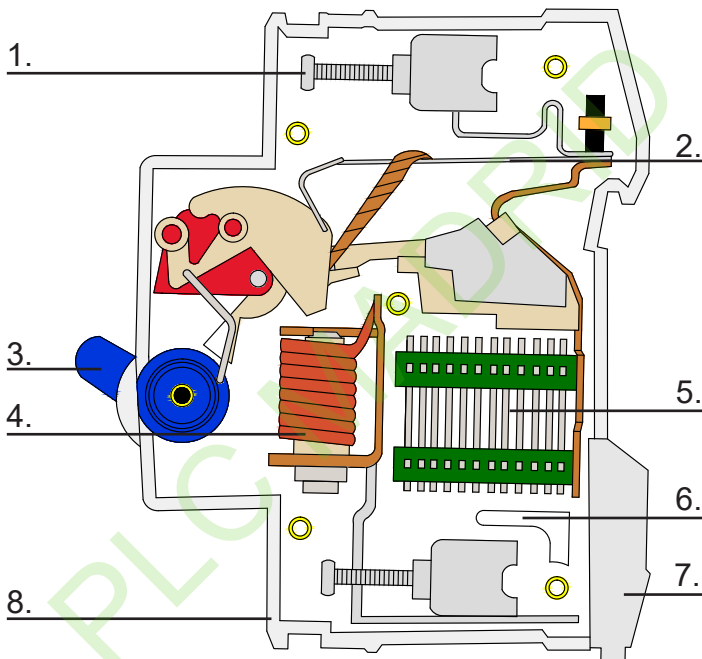
CUADRO GENERAL DE MANDO Y PROTECCIÓN PARA UNA VIVIENDA CON GRADO DE ELECTRIFICACIÓN BÁSICO 230v./5.750w.

La intensidad asignada al Interruptor General Automático (I.G.A.) se corresponderá con la potencia máxima prevista en la instalación. El poder de corte del I.G.A. no será inferior a 4,5kA.

Según ITC 25 Pto. 2.3.2 en instalaciones en viviendas, es obligatorio instalar un diferencial por cada 5 circuitos (salvo en el caso de subdividir el circuito C4, que a estos efectos computará como uno).



PARTES DEL INTERRUPTOR MAGNETOTÉRMICO

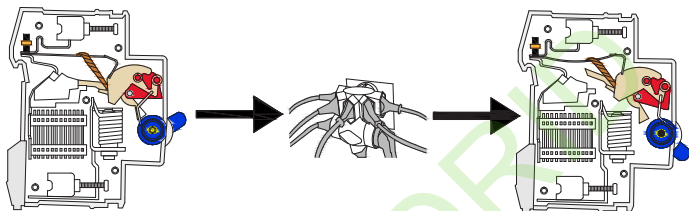


1. Tornillo para apriete de borna
2. Lámina bimetalica
(Protección térmica)
3. Manecilla de rearme
4. Bobina de disparo
(Protección magnética)

5. Cámara apagachispas
6. Conducto de evacuación de la cámara apagachispas
7. Cuña para carril DIN
8. Carcasa

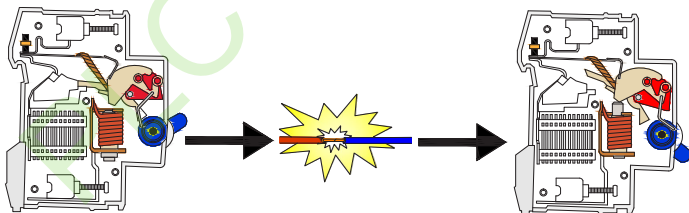
FUNCIONAMIENTO DEL INTERRUPTOR MAGNETOTÉRMICO

FUNCIONAMIENTO DE LA PARTE TÉRMICA



Cuando se produce una sobreintensidad debido a un exceso de carga en el circuito, la temperatura de la lámina bimetálica aumenta durante un periodo prolongado de tiempo hasta su deformación, haciendo disparar el circuito térmico del interruptor (**Corte lento**).

FUNCIONAMIENTO DE LA PARTE MAGNÉTICA



Al producirse un cortocircuito, breve en tiempo pero de una gran intensidad, genera el campo magnético necesario para que la bobina impulse el núcleo del electroimán y dispare el circuito magnético del interruptor (**Corte inmediato**).

TIPOS DE INTERRUPTORES MAGNETOTÉRMICOS

Familia	Tipo	Imagen	Intensidad	
Modulares Instalaciones domésticas, pequeños comercio y oficinas P ≤ 100 kW	Modulares (PIA) (MCB) Miniature circuit-Breaker		MCB	
			6 A	40 A
			10 A	50 A
			16 A	63 A
Industriales Instalaciones Industriales P > 100 kW	Caja moldeada (MCCB) Molded case circuit-Breaker		Poder de corte	
			3 kA	10 kA
			4,5 kA	22 kA
			6 kA	25 kA
	Corte al aire (ACB) Air circuit-Breaker		MCCB	ACB
			125 A	
			160 A	800 A
			250 A	1250 A
			400 A	1600 A
			630 A	2000 A
			800 A	2500 A
			1250 A	3000 A
			1600 A	4000 A
			2000 A	5000 A
			2500 A	6300 A
			3200 A	
			Poder de corte	
			25 kA	70 kA
			35 kA	100 kA
			50 kA	150 kA

Ejemplo de aplicación 4:

Se pretende seleccionar un interruptor general magnetotérmico para proteger una vivienda de grado de electrificación básica:

1º Paso: Conocer la intensidad a proteger.

Al tratarse de una vivienda de electrificación básica la intensidad es de **25 A**.

2º Paso: Al saber la intensidad y el uso ya podemos elegir:

Intensidad: **25 A**

Curva de disparo: **C**

Poder de Corte: **4500 A** (ITC-BT 17 pto. 1.3)

Se instalará un interruptor magnetotérmico modular de 25 A, curva “C” y con un poder de corte de 4500 A.



Ejemplo de aplicación 5:

Se pretende seleccionar un interruptor general magnetotérmico para proteger una fábrica que consume 130 kW:

1º Paso: Conocer la intensidad a proteger.

Conociendo la potencia se averigua la intensidad consumida

$$I = P / \sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi = 130.000 \text{ W} / \sqrt{3} \cdot 400 \text{ V} \cdot 1 = 188 \text{ A}$$

2º Paso: Tras calcular la intensidad consumida se selecciona la intensidad nominal del interruptor magnetotérmico.

El valor comercial superior a 188 A es **250 A**.

3º Paso: Al saber la intensidad nominal se selecciona entre un interruptor magnetotérmico modular o industrial.

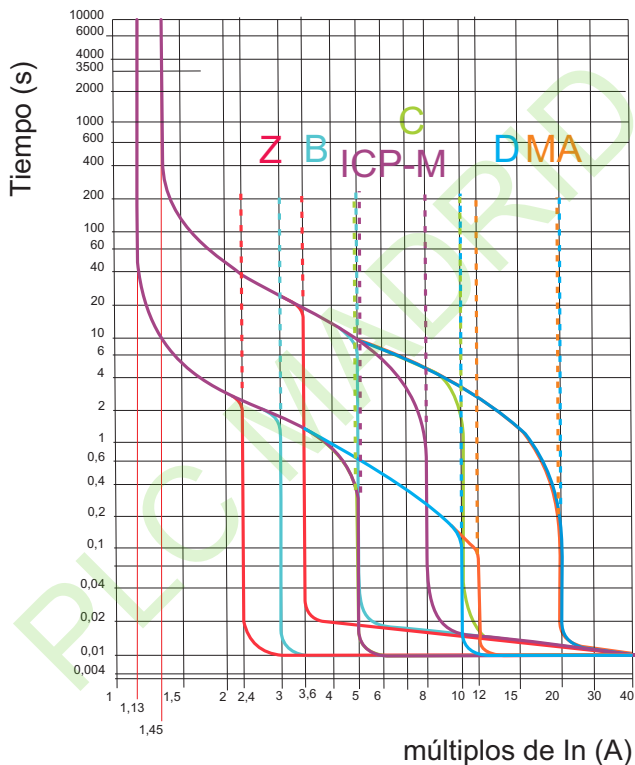
Se instalará un interruptor magnetotérmico de 250 A de caja moldeada.



CURVA DE DISPARO MAGNÉTICA

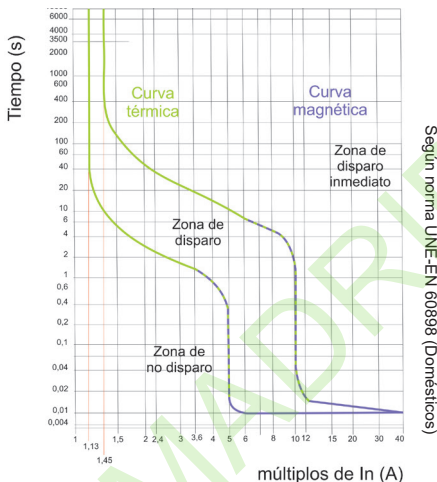
Tipo	Margen de disparo	Aplicación	Ejemplo
B	3 a $5 I_n$	Receptores resistivos Grandes longitudes (Sistemas IT y TN)	
C	5 a $10 I_n$	Pequeños receptores inductivos y capacitivos (Pequeños motores y lámparas de descarga)	
D	10 a $20 I_n$	Grandes cargas inductivas y capacitivas Evita disparos intempestivos (Arranque de motores) Corrientes elevadas (Transformadores)	
MA	12 a $20 I_n$	Arranque de motores Continuidad de servicio (Servicios de seguridad)	
ICP-M	5 a $8 I_n$	Interruptor de control de potencia (No aplicable en instalaciones con contador inteligente)	
Z	2,4 a $3,6 I_n$	Mando y protección de circuitos electrónicos Circuitos secundarios de medida	

GRÁFICA COMPARATIVA DE DISPARO DE INTERRUPTORES MAGNETOTÉRMICOS



Según norma UNE-EN 60.898 (Domésticos)

INTERPRETACIÓN DE UNA GRÁFICA DE DISPARO TIPO C



CURVAS DE DISPARO

CURVA TÉRMICA

Intensidad nominal que provoca la apertura de la protección debido a una sobrecarga de una forma lenta en relación al tiempo de disparo.

CURVA MAGNÉTICA

Intensidad muy elevada que provoca la apertura del interruptor magnetotérmico debido a un cortocircuito de forma inmediata.

ZONAS DE DISPARO

ZONA DE NO DISPARO

Valores en intensidad y tiempo insuficientes para provocar el disparo del interruptor magnetotérmico.

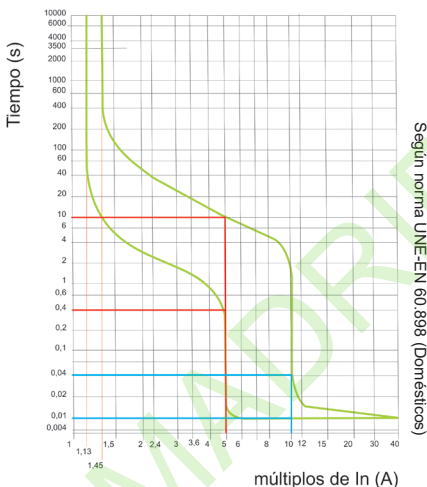
ZONA DE DISPARO

Valores en intensidad y tiempo que provocan el disparo del interruptor magnetotérmico, este se puede producir dentro de cualquiera de estos márgenes.

ZONA DE DISPARO INMEDIATO

Valores en intensidad y tiempo superiores a los márgenes que provocan el disparo del interruptor magnetotérmico, por lo cual este se producirá de forma instantánea.

GRÁFICA DE DISPARO MAGNETOTÉRMICO TIPO C



Ejemplo de aplicación 6:

Se precisa conocer los márgenes del tiempo de disparo para un interruptor magnetotérmico modular, curva "C" de 10 A de intensidad nominal.

1º Paso: Conocer los márgenes de corriente de disparo.

$$I_n \cdot \text{múltiplo}$$

$$10 \text{ A} \cdot 5 \text{ veces la Intensidad nominal} = 50 \text{ A}$$

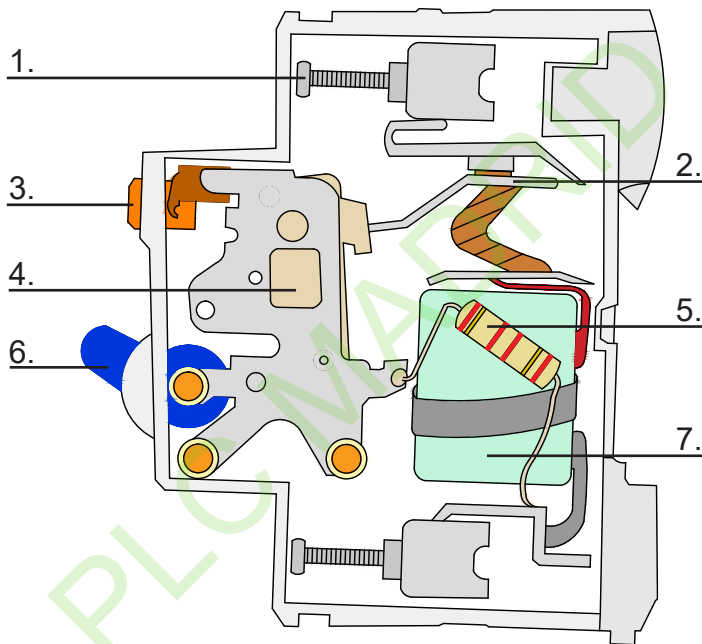
$$10 \text{ A} \cdot 10 \text{ veces la Intensidad nominal} = 100 \text{ A}$$

2º Paso: Al saber la intensidad se comparan los valores máximo y mínimo de disparo.

Para ello se utilizan como guía las líneas rojas para conocer los tiempos de disparo mínimos y la líneas azules para conocer los tiempos de disparo máximos.

Tiempos de disparo para un interruptor magnetotérmico Tipo "C" de 10 A		
Rango de disparo	Intensidad de disparo (A)	Tiempo (s)
Mínimo	$5 \cdot 10 \text{ A} = 50 \text{ A}$	0,4 y 10
Máximo	$10 \cdot 10 \text{ A} = 100 \text{ A}$	0,01 y 0,04

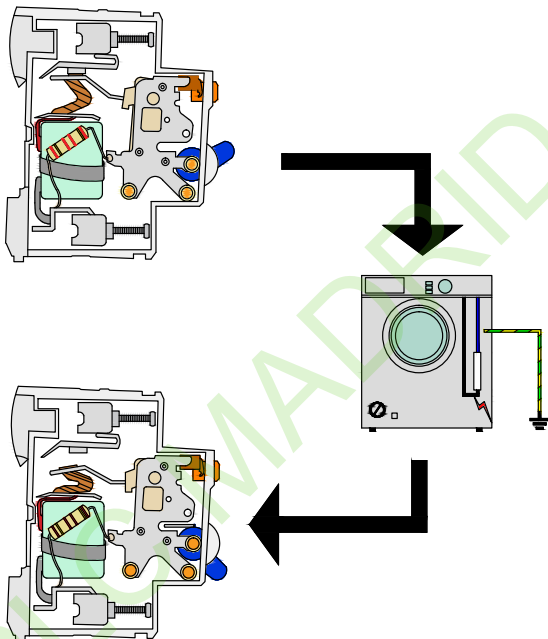
PARTES DEL INTERRUPTOR DIFERENCIAL



1. Tornillo para apriete de borna
2. Contactos
3. Pulsador de Test
4. Bobina de disparo

5. Resistencia
6. Manecilla de rearme
7. Toroidal
(Protección derivaciones)

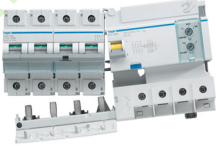
FUNCIONAMIENTO DEL INTERRUPTOR DIFERENCIAL



Al provocarse una derivación a tierra, la intensidad que atraviesa el transformador toroidal (anillo transformadora) crea un campo magnético debido a la diferencia de intensidad de entrada y de salida, que provoca la excitación del disparador, para que su bobina corte el suministro ante esta falta.

Esta protección se emplea combinada con la puesta a tierra para impedir de este modo los contactos indirectos de las personas y animales.

TIPOS DE INTERRUPTORES DIFERENCIALES

Tipo	Descripción	Imagen
Interruptor diferencial modular	Una sola caja contiene el toroidal, el disparador y el relé de corte.	
Interruptor magnetotérmico diferencial	Combina el interruptor diferencial y el interruptor magnetotérmico	
Bloque diferencial	Interruptor diferencial que realiza el corte a través del interruptor magnetotérmico	
Relé diferencial separado del transformador toroidal	Interruptor diferencial con el toroidal independiente del resto de módulos para grandes instalaciones	
Interruptor diferencial electrónico	Interruptor diferencial programable en tiempo y sensibilidad, permitiendo crear una selectividad diferencial	

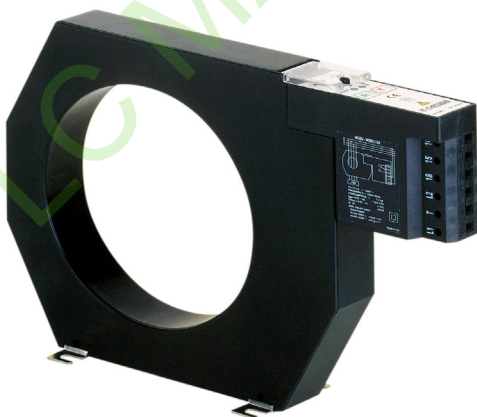
Ejemplo de aplicación 7:

Se pretende seleccionar un interruptor diferencial general para instalarlo en una fábrica de gran potencia, por consiguiente las secciones de los conductores serán superiores a 35 mm^2 .

1º Paso: Conocer la intensidad o sección que va a atravesar el interruptor diferencial.

Al tratarse de una gran potencia, y una sección superior a 35 mm^2 , sección máxima permitida para el bornero de un interruptor modular, se tiene que descartar esta opción y utilizar la medida indirecta, es decir;

En este caso el interruptor diferencial a seleccionar es el Relé diferencial separado del transformador toroidal.



INTENSIDAD DE DISPARO

Tipo	Símbolo	Margen disparo	Aplicación	Ejemplo
AC		0,5 a 1 In	Para corrientes de fuga de tipo alterna senoidal. Instalaciones domésticas e Industriales.	
A F	 	0,35 a 1,4 In	Para corrientes del tipo AC y corrientes pulsantes con o sin componente de continua. Se utiliza en el sector industrial y tecnológico debido al tipo de cargas que alimenta, tipo no lineales con una tasa de distorsión armónica elevada. Puntos de recarga de vehículos electricos modo 1 y 2, ordenadores, reactancias electrónicas, variadores de velocidad, etc.	
B		0,5 a 2 In	Para corrientes de fuga iguales a las del tipo A y además las corrientes de tipo continua pura o semipura. Puntos de recarga de vehículos electricos modo 3, cargas en corriente continua, alumbrado de seguridad alimentado por fuente central, rectificadores, autómatas, etc.	
Retardado (Slow)		-	Los diferenciales selectivos tienen un retardo en el disparo, con lo que sería un añadido a los de tipo AC, A y B. Empleado para evitar los disparos debido a los armónicos y crear selectividad entre diferenciales instalados en serie.	

Ejemplo de aplicación 8:

Se pretende seleccionar un interruptor diferencial para instalarlo en el cuadro de un aula informática en el que hay habilitados 30 puestos de trabajo para los alumnos, mas otros dos puestos para los profesores:

1º Paso: Conocer el tipo de receptores de la instalación.

Aula de informática con 32 ordenadores.

2º Paso: Elegir el tipo de diferencial adecuado para la instalación.

Como los receptores son ordenadores y por tanto, con una tasa de distorsión armónica elevada, se seleccionará un interruptor diferencial tipo “A” con sensibilidad de 30 mA, indicado para este tipo de instalaciones.

Ejemplo de aplicación 9:

Se necesita seleccionar el interruptor diferencial instalado en la línea que alimenta el cuadro secundario del ejemplo anterior:

1º Paso: Conocer la selectividad diferencial de la instalación.

En este caso podemos optar por instalar un diferencial de menor sensibilidad (más miliamperios) o uno de tipo selectivo.

2º Paso: Elegir el tipo de diferencial adecuado para la instalación.

Con el fin de cumplir con el criterio de intensidad diferencial residual de la instalación interior, se opta por instalar en el cuadro principal un diferencial del tipo selectivo.

TIEMPOS DE DISPARO

El tiempo de disparo t_{Δ} es el tiempo que tarda el diferencial en saltar a partir de que detecta la corriente diferencia $I_{\Delta N}$

Los valores máximos del tiempo de disparo definidos por la norma UNE-EN 61009-1 son:

DIFERENCIALES CONVENCIONALES (GENERALES)

Tipo	$I_{\Delta N}$ (A)	Tiempos de intervención para $I_{\Delta N}$ igual a:		
AC 	Cualquiera	$I_{\Delta N} \times 1$	$I_{\Delta N} \times 2$	$I_{\Delta N} \times 5$
A 	10 mA	$I_{\Delta N} \times 2$	$I_{\Delta N} \times 4$	$I_{\Delta N} \times 10$
F 	≥ 30 mA	$I_{\Delta N} \times 1,4$	$I_{\Delta N} \times 2,8$	$I_{\Delta N} \times 7$
B 	Cualquiera	$I_{\Delta N} \times 2$	$I_{\Delta N} \times 4$	$I_{\Delta N} \times 10$
Tiempo de intervención máximo		0,3 s	0,15 s	0,04 s

DIFERENCIALES RETARDADOS (SELECTIVOS)

Tipo	Símbolo	Aplicación	Ejemplo
Retardado (Slow)		Los diferenciales selectivos tienen un retardo en el disparo, con lo que podríamos crear una selectividad mediante el tiempo de disparo y no la intensidad	

In	IA _N	Tipo	Con IA _N igual a:		
≥ 25 A	≥ 30 mA	AC 	IA _N x 1	IA _N x 2	IA _N x 5
		A 	IA _N x 1,4	IA _N x 2,8	IA _N x 7
		F 			
Tiempo de intervención máximo			0,5 s	0,20 s	0,15 s
Tiempo de no intervención mínimo			0,13 s	0,06 s	0,05 s

$I_{\Delta N}$ = Intensidad diferencial nominal

Ejemplo de aplicación 10:

Se realiza la prueba de disparo de un interruptor diferencial tipo “A” de una sensibilidad de 30 mA instalado para proteger una peluquería.

1º Paso: Conocer las características del local para clasificarlo como local seco o húmedo/conductor.

- Local Seco: **50 V**
- Local húmedo/conductor: **24 V**

Se considera local húmedo, con una tensión de contacto máxima de 24 V.

2º Paso: Conocer las características del interruptor diferencial.

- Tipo de diferencial: **A**
- Sensibilidad del diferencial (I_n): **30 mA**

Al ser un diferencial tipo “A” los valores de disparo se encuentran entre 0,35 y 1,4 veces su intensidad nominal.

$$\text{Valor de disparo mínimo} = I_n \cdot 0,35 = 30 \text{ mA} \cdot 0,35 = 10,5 \text{ mA}$$

$$\text{Valor de disparo máximo} = I_n \cdot 1,4 = 30 \text{ mA} \cdot 1,4 = 42 \text{ mA}$$

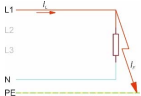
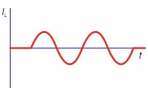
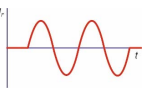
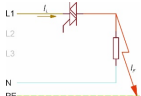
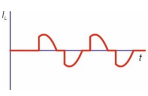
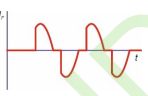
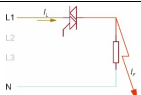
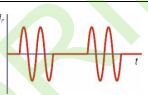
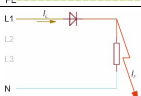
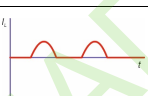
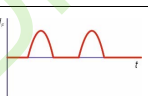
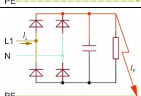
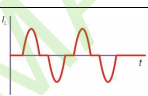
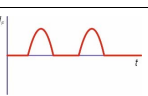
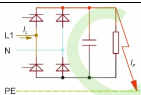
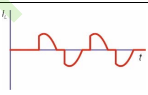
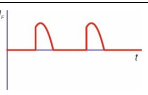
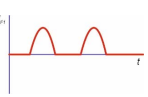
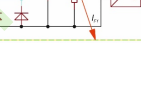
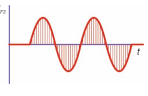
$$10,5 \text{ mA} \leq I. \text{ disparo} \leq 42 \text{ mA}$$

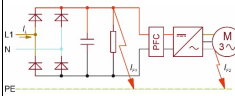
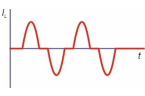
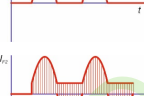
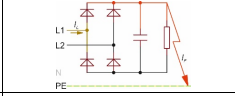
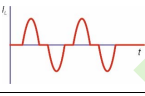
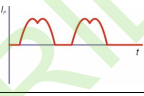
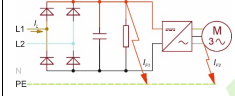
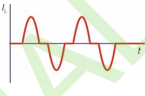
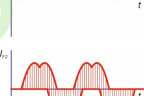
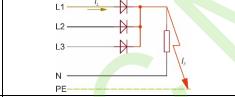
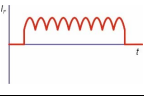
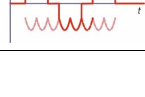
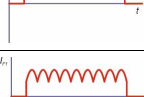
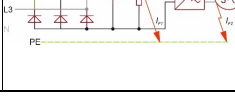
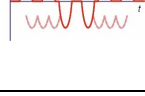
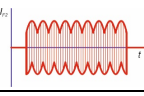
Los valores a los que debe disparar se encuentran ente una intensidad superior o igual a 10,5 mA e inferior o igual a 42 mA.

3º Paso: Conocer los tiempos de disparo sabemos que la sensibilidad es igual o superior a 30 mA con lo que de acuerdo a la tabla los tiempos máximos de disparo son;

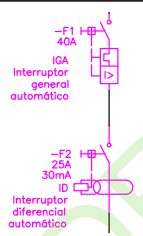
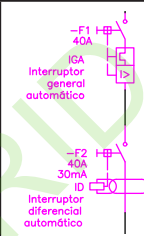
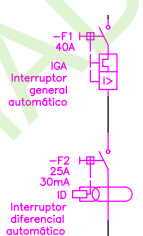
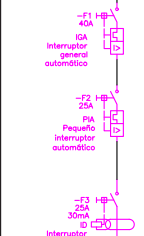
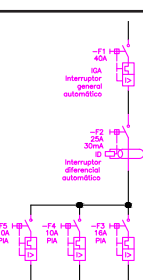
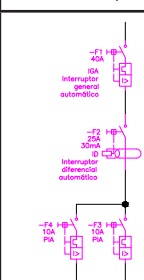
- Tiempo de disparo para $I\Delta_N \cdot 1,4$: **0,3 s**
- Tiempo de disparo para $I\Delta_N \cdot 2,8$: **0,15 s**
- Tiempo de disparo para $I\Delta_N \cdot 7$: **0,04 s**

Los tiempos a los que debe disparar en cada uno de los ensayos deben ser iguales o inferiores a los indicados.

Nº	Diagrama del circuito con localización del defecto	Forma de la corriente de carga I_L	Forma de la corriente de defecto a tierra I_F	Tipo de diferencial			
				AC	A	F	B
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							

Nº	Diagrama del circuito con localización del defecto	Forma de la corriente de carga I_L	Forma de la corriente de defecto a tierra I_F	Tipo de diferencial			
				AC	A	F	B
9	Puente de dos pulsos con variador de frecuencia y PFC 						
10	Puente de dos pulsos entre fases 						
11	Convertidor de frecuencia con puente rectificador de dos pulsos entre fases 						
12	Estrella trifásica 						
13	Puente de seis pulsos 						
14	Convertidor de frecuencia con puente rectificador de seis pulsos 						

PROTECCIÓN DEL INTERRUPTOR DIFERENCIAL

Criterios para proteger un interruptor diferencial		
Criterio	Mal	Bien
1º Interruptor general La intensidad nominal del diferencial aguas abajo del interruptor general automático (IGA), debe ser igual o superior a la de este. $I_n \text{ DIF} \geq I_n \text{ IGA}$	 -F1 40A IGA Interruptor general automático -F2 25A 30mA ID Interruptor diferencial automático	 -F1 40A IGA Interruptor general automático -F2 40A 30mA ID Interruptor diferencial automático
2º Protección magnetotérmica para el diferencial Si la intensidad nominal del diferencial aguas abajo del IGA es inferior a la de este, deberá intercalarse un magnetotérmico, de intensidad nominal menor o igual a la del diferencial. Sí $I_n \text{ DIF} < I_n \text{ IGA}$ Intercalar PIA $I_n \leq I_n \text{ Diferencial}$	 -F1 40A IGA Interruptor general automático -F2 25A 30mA ID Interruptor diferencial automático	 -F1 40A IGA Interruptor general automático -F2 25A PIA Interruptor automático -F3 25A 30mA ID Interruptor diferencial automático
3º Intensidad total La suma de la I_n de todos los magnetotérmicos aguas abajo del diferencial deberá ser menor o igual que la I_n del diferencial, en caso contrario se aplicará la condición 2º. $\Sigma I_n \text{ PIA's} \leq I_n \text{ Diferencial}$	 -F1 40A IGA Interruptor general automático -F2 25A 30mA ID Interruptor diferencial automático -F3 10A PIA -F4 10A PIA -F5 10A PIA	 -F1 40A IGA Interruptor general automático -F2 25A 30mA ID Interruptor diferencial automático -F3 10A PIA -F4 10A PIA -F5 10A PIA

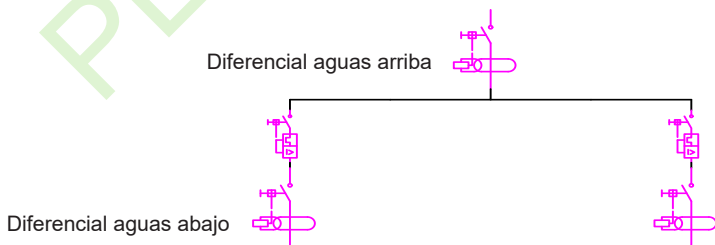
SELECTIVIDAD

Para crear una correcta selectividad entre diferenciales instalados en serie, evitando el disparo de todos, es necesario cumplir los siguientes requisitos:

Selectividad amperimétrica (S_a): El diferencial aguas arriba es por lo menos de una $I_{\Delta n}$ 3 veces mayor que el instalado aguas abajo.

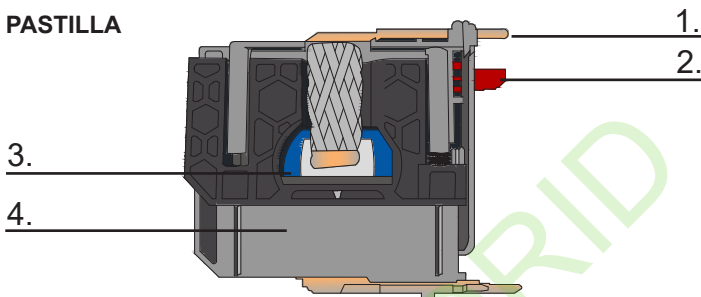
Selectividad cromométrica (S_c): El diferencial aguas arriba debe ser selectivo, de este modo garantiza en tiempo, el disparo del interruptor diferencial instalado aguas abajo.

Selectividad entre diferenciales							
AGUAS ARRIBA \ AGUAS ABAJO	10 mA	30 mA	100 mA	300 mA	300 mA (Clase A)	500 mA	500 mA (Clase A)
10 mA	-	Sa	Sa	Sa	Sa Sc	Sa	Sa Sc
30 mA	-	-	Sa	Sa	Sa Sc	Sa	Sa Sc
100 mA	-	-	-	Sa	Sa Sc	Sa	Sa Sc
300 mA	-	-	-	-	Sc	-	Sc
300 mA (Clase A)	-	-	-	-	-	-	-
500 mA	-	-	-	-	-	-	Sc

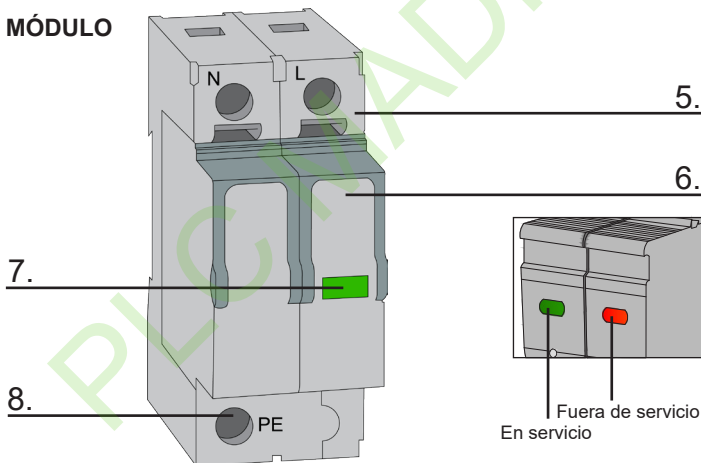


PARTES DE UN PROTECTOR DE SOBRETENSIONES TRANSITORIAS

PASTILLA



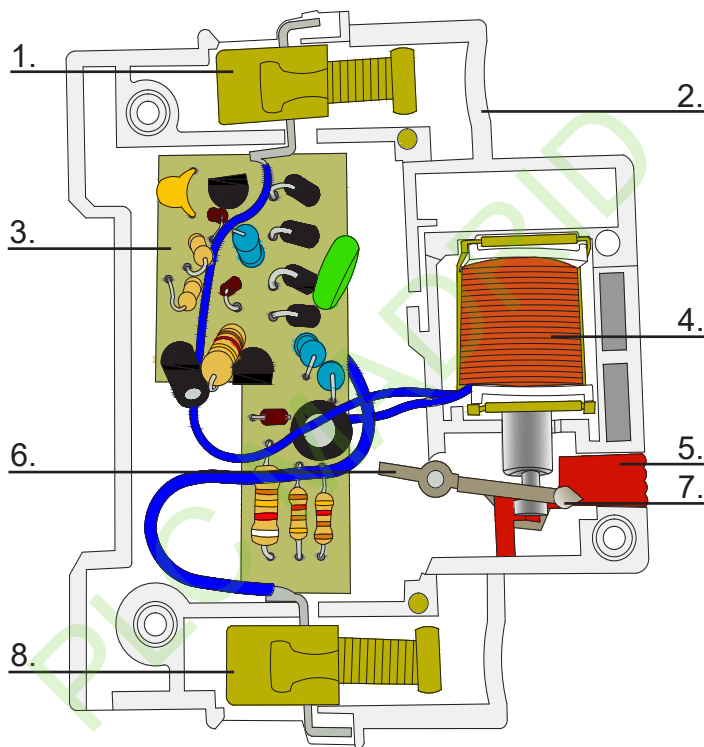
MÓDULO



1. Patilla de conexión
2. Testigo de funcionamiento
3. Varistor
(Sobretensión transitoria)
4. Carcasa pastilla

5. Base portacartuchos
6. Pastilla o cartucho con varistor
7. Testigo de funcionamiento
8. Tornillo para apriete de borna

PARTES DE UN PROTECTOR DE SOBRETENSIONES PERMANENTES

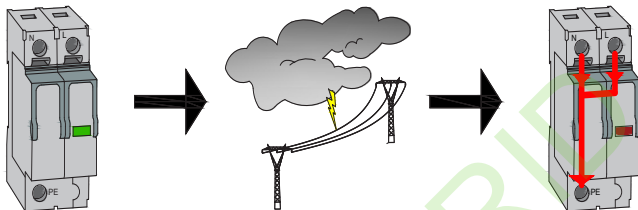


1. Bornes de entrada
2. Carcasa
3. Circuito impreso
(Sobretensión permanente)
4. Bobina

5. Pulsador de rearme
6. Palanca disparadora
7. Disparador del magnetotérmico
(En combinación con el IGA)
8. Bornes de salida

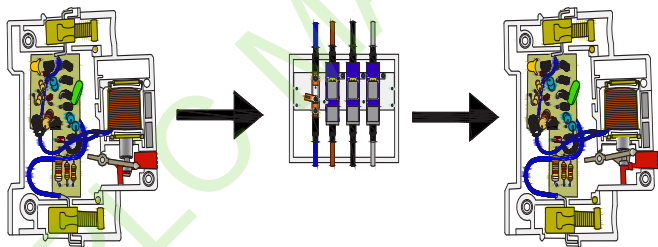
FUNCIONAMIENTO DE LA PROTECCIÓN DE SOBRETENSIONES

FUNCIONAMIENTO PROTECCIÓN SOBRETENSIONES TRANSITORIAS



Al provocarse una descarga atmosférica en la línea de distribución la tensión se eleva a valores de kV durante un brevísimo instante de tiempo, y mediante el varistor (Resistencia variable en función de la tensión), descarga esta tensión sobrante a tierra.

FUNCIONAMIENTO PROTECCIÓN SOBRETENSIONES PERMANENTES

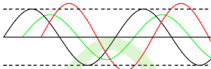


Un error en el conexionado en las fases o la rotura en el conductor neutro en una red trifásica, sumado a una mala compensación de las fases pueden desencadenar infratensiones y **sobretensiones**. Estas últimas, provocan averías en los receptores eléctricos de las instalaciones interiores. El protector de sobretensiones permanentes vigila continuamente el valor de la tensión mediante un circuito comparador y cuando el valor es superior al fijado desconecta el circuito para evitar daños en la instalación.

TIPOS DE PROTECTORES CONTRA SOBRETENSIONES TRANSITORIAS

Tipo	Categoría	Instalación	Imagen
FINA (Tipo 3)	Categoría I Categoría II	TOMA DE CORRIENTE Lo más próximo posible al receptor.	
MEDIA (Tipo 2)	Categoría III	CUADRO DE DISTRIBUCIÓN O CUADRO GENERAL DE MANDO Y PROTECCIÓN Primer elemento de protección ante sobretensiones en instalaciones que no se encuentran próximas a pararrayos.	
BASTA (Tipo 1)	Categoría III Categoría IV	RED DE DISTRIBUCIÓN Necesarios en edificios o instalaciones dotadas de pararrayos o que se encuentran dentro de un radio de 50 m de una instalación que disponga de este.	

TIPOS DE SOBRETENSIONES

Descarga	Motivos	Tipo de Onda
PERMANENTE o TEMPORAL Es un aumento de la tensión debido a una descompensación del punto de neutro o fallos en la red de distribución	Corte del conductor neutro o un defecto de conexión	 - Onda senoidal (L1) 230 V - Sobretensión (L2) 270 V - Infratensión (L3) 190 V
	Error de conexión del conductor neutro con unas de las fases	
	Anomalías en el suministro	
	Tomas de tierra entre masa y neutro a poca distancia	
	Contactos accidentales de la red de BT o AT	
	Cebamientos a nivel de los transformadores	
	Fallo de los aisladores en baja tensión a nivel del transformador	
TRANSITORIA Picos de tensión muy elevados y de muy corta duración que se producen como consecuencia de descargas atmosféricas o conmutaciones en la red de distribución	Armónicos	
	Microcortes	
	Conmutaciones de la línea	
	Descarga de rayo indirecto	

Ejemplo de aplicación 11:

Para proteger una vivienda unifamiliar monofásica, alimentada por una red de distribución aérea que es susceptible de descargas atmosféricas, pero en el que se sabe que su centro de transformación no precisa de mantenimiento, ¿qué elementos de protección se utilizarán?:

Estudiando los riesgos que se pueden presentar:

Tratándose de una red de distribución aérea se corre el riesgo de descargas directas de rayos, sobretensión tipo transitoria.

Al ser una vivienda monofásica y no realizar trabajos desde el centro de transformación no se corren riesgos antes sobretensiones permanentes.

Protección para sobretensiones transitorias.*

Ejemplo de aplicación 12:

En una vivienda situada en un barrio antiguo de la ciudad, se ha dado un aviso a un electricista de:

- la avería en varias ocasiones del televisor
- las bombillas de toda la casa se funden constantemente

¿qué protección se empleará para evitar estos problemas?:

En este caso se presentan averías típicas producidas por sobretensiones permanentes, posiblemente producidas por la propia compañía distribuidora, para evitar que se repita el fallo de los elementos de la vivienda se opta por instalar una protección para proteger de las sobretensiones permanentes.

Protección para sobretensiones permanentes.*

* Dependiendo de la reglamentación provincial puede ser obligatoria la instalación de este tipo de protecciones.

CATEGORÍAS DE LAS SOBRETENSIONES

Categoría	Descripción	Ejemplo	Imagen
Categoría I	Equipos muy sensibles a sobretensiones. Instalación interior	Ordenadores Equipos electrónicos	
Categoría II	Equipos eléctricos comunes conectados a la instalación eléctrica. Instalación interior	Electrodomésticos Herramientas portátiles	
Categoría III	Material que forma parte de la instalación de enlace y aquellos equipos en los que se requiere un alto nivel de fiabilidad. Instalación de enlace y equipos eléctricos.	Derivación individual Puntos de recarga para vehículo eléctrico	
Categoría IV	Corresponde a los equipos conectados en el origen de la instalación. Red de distribución y equipos de medida.	Contadores Fusibles CGP o BTB	

Ejemplo de aplicación 13:

Se pretende instalar una estación para una recarga de vehículo eléctrico y de acuerdo a lo indicado en la ITC-BT 52 es necesario la instalación de protección contra sobretensiones:

Al tratarse de una instalación que nace desde la instalación de enlace la categoría que emplearemos será la categoría III para la sobretensión transitoria y la categoría II para la protección permanente.

Protección para sobretensiones transitorias Categoría III.
Protección para sobretensiones permanentes Categoría II.

Ejemplo de aplicación 14:

En una finca alimentada por una red de distribución aérea optan por instalar una protección general para toda la instalación de enlace:

De acuerdo a lo indicado en la ITC-BT 23 en el punto 3.2. cuando una instalación se alimente por una línea aérea será necesaria una protección contra sobretensiones de origen atmosférico (transitorias) en el origen de la instalación, se instalará un módulo para la protección contra sobretensiones instalado sobre el interruptor general de categoría IV.

Protección para sobretensiones transitorias Categoría IV.

Protector tipo 1 (BASTA)



Categoría receptor III y IV

Protector tipo 2 (MEDIA)



Categoría receptor III

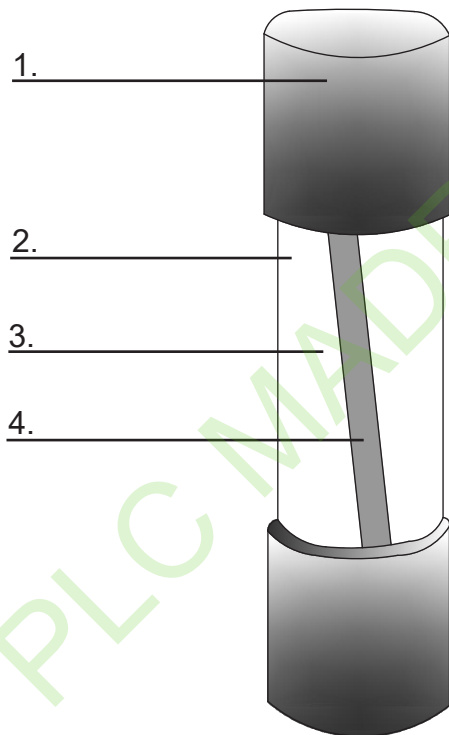
Protector tipo 3 (FINA)



Categoría receptor I y II



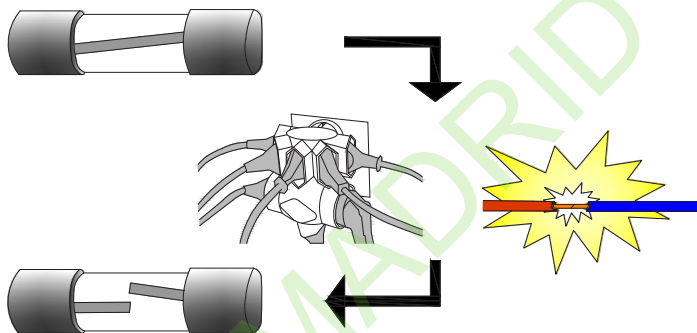
PARTES DEL FUSIBLE



1. Base conductora
2. Cartucho
(Cristal o Cerámica)

3. Cámara apagachispas
(Aire o Arena)
4. Filamento
(Protección térmica)

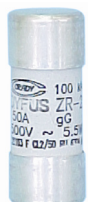
FUNCIONAMIENTO DEL FUSIBLE



Al provocarse una sobreintensidad o un cortocircuito, el filamento de metal con un bajo punto de fusión, calibrado a una intensidad, que al ser superada durante un determinado tiempo, provocará un fuerte aumento de la temperatura y por lo tanto la fusión y la apertura del circuito.

Este elemento se encuentra en el interior de un cartucho relleno de un material que reduce el arco eléctrico, confiriendo a este dispositivo un muy elevado poder de corte y permitiendo una mejor y más rápida disipación del calor generado por el conductor en condiciones de sobrecarga.

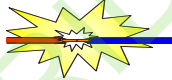
TIPOS DE FUSIBLES

Tipo	Abreviatura	Descripción	Imagen
Cuchilla	NH	Son los más empleados para las redes de distribución, pudiendo encontrarlos en la caja general de protección (CGP) y las cajas de protección y medida (CPM),	
Pastilla	HRC	actualmente también se están empleando para las centralizaciones de contadores, las características más importantes son el alto poder de ruptura (APR).	
Cilíndrico	HH	Constituidos por un tubo cerámico cilíndrico de alta resistencia a la presión interna y a los choques térmicos, utilizados para aplicaciones de automatización y maniobras con motores eléctricos.	
Neozed Diazed	D0 D	Eran los utilizados antiguamente para las centralizaciones de contadores y CPM's, su poder de corte es muy elevado aunque inferior a los de tipo cuchilla.	

TIPOS DE BASES PORTAFUSIBLES

Tipo	Fusible	Descripción	Imagen
Base unipolar cerrado (BUC)	Cuchilla	Base portafusible unipolar desconectable en carga para la protección de instalaciones de enlace, según norma de compañía eléctrica. Válido para intensidades de hasta 160 A y de alto poder de ruptura (APR).	
Portafusible cilíndrico	Cilíndrico	Zócalo para fusible desconectable en carga de tipo cilíndrico utilizados para aplicaciones de automatización y maniobras con motores eléctricos. Válido para intensidades de hasta 125 A.	
Base cilíndrica roscable	Neozed Diazed	Base cilíndrica roscable empleada antiguamente para la protección de las derivaciones individuales. Válido para intensidades de hasta 200 A.	

CURVAS DE FUSIÓN

Orden	Letra	Instalaciones	Imágenes
1º	g	Protege tanto sobreintensidades como cortocircuitos.	
	a	Protege solo cortocircuitos.	
2º	G	Usos generales	
	M	Motores	
	Tr	Transformadores	
	L	Líneas de gran longitud	
	R	Semiconductores	
	D	Actuación retardada	

Ejemplo de aplicación 15:

Se pretende instalar un módulo de protección y medida para un contador de una vivienda unifamiliar, que tipo de fusibles y bases debemos instalar:

Al tratarse de una instalación de enlace seleccionamos un fusible de cuchilla válido para protección contra sobrecargas como cortocircuitos, indicados para la protección de usos generales, como son en este caso la línea de la derivación individual y el equipo de medida.

La base de acuerdo a norma de compañía debe ser de tipo unipolar cerrada (BUC).

Los elementos seleccionados finalmente son:

- Fusible NH (Cuchilla) clase gG.
- Base unipolar cerrada (BUC).

Ejemplo de aplicación 16:

Para la protección de un grupo de presión que tiene instalado un cuadro automatizado con un relé térmico, se quiere saber que fusible seleccionar:

Al tener la parte térmica ya cubierta con el relé solo es necesaria la protección ante cortocircuitos; entre los diferentes tipos de fusibles tenemos uno indicado para la protección de motores eléctricos

El fusible a instalar es:

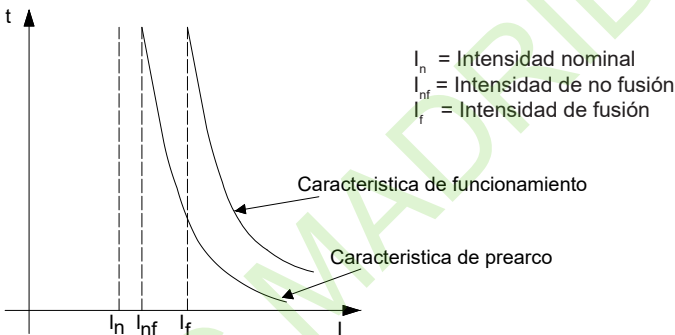
- Fusible HH (Cilíndrico) clase aM.

CARACTERÍSTICAS DE FUSIÓN

Periodo de prearco: es el tiempo que transcurre desde que aparece la sobreintensidad hasta que se produce la fusión.

Periodo de funcionamiento: es el intervalo desde que se inicia la fusión hasta la eliminación total del defecto.

Características tiempo-corriente de un cartucho fusible “gG y gM”



Corrientes y tiempos convencionales para los cartuchos fusibles “gG”

Corriente nominal I_n (A)	Tiempo convencional (h)	Corriente convencional	
		I_{nf}	I_f
$I_n \leq 4$	1	$1,5 I_n$	$2,1 I_n$
$4 < I_n \leq 16$	1		$1,9 I_n$
$16 < I_n \leq 63$	1	$1,25 I_n$	$1,6 I_n$
$63 < I_n \leq 160$	2		
$160 < I_n \leq 400$	3		
$400 < I_n$	4		

Ejemplo de aplicación 17:

Se pretende averiguar la intensidad de fusión para un fusible tipo “gG” de una intensidad nominal de 63 A:

1º Paso: Conocer el tiempo de fusión y el factor a aplicar para calcular la corriente de fusión de acuerdo a la tabla de la página anterior.

- Tiempo máximo: **1 hora**
- Intensidad de fusión: **1,6 I_n**

2º Paso: Realizar el cálculo de la intensidad de fusión.

$$I_f = I_n \cdot 1,6 = 63 \text{ A} \cdot 1,6 = 100,80 \text{ A}$$

La intensidad de fusión es de 100,80 A en un tiempo máximo de 1 hora.

Ejemplo de aplicación 18:

¿Qué intensidades son capaces de soportar los fusibles de una CGP de 200 A pertenecientes a un bloque de viviendas? y ¿Cuál es el periodo de tiempo antes de fundir?:

1º Paso: Conocer el tiempo de fusión y el factor a aplicar para calcular la corriente de fusión de acuerdo a la tabla de la página anterior para 200 A.

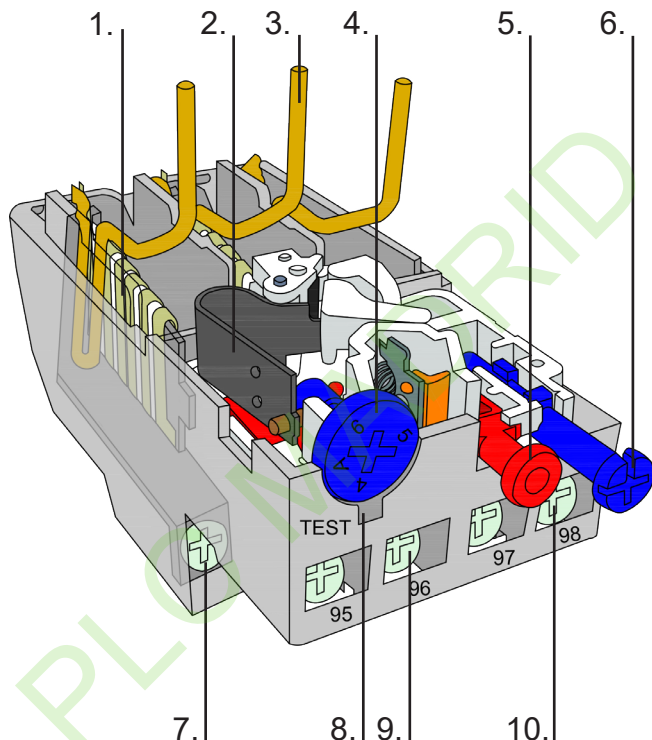
- Tiempo máximo: **3 hora**
- Intensidad de fusión: **1,6 I_n**

2º Paso: Realizar el cálculo de la intensidad de fusión.

$$I_f = I_n \cdot 1,6 = 200 \text{ A} \cdot 1,6 = 320 \text{ A}$$

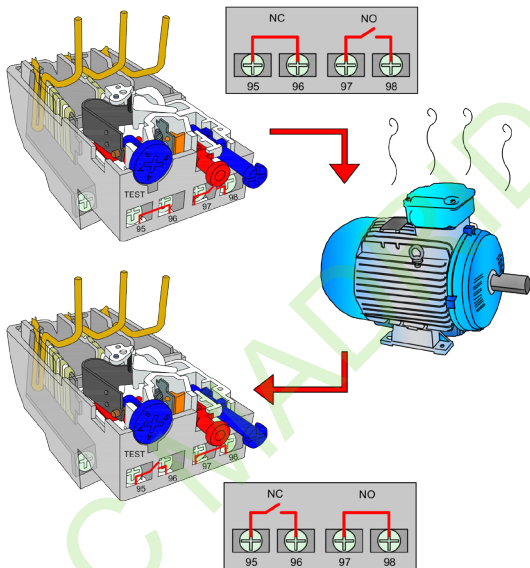
La intensidad de fusión es de 320 A en un tiempo máximo de 3 horas.

PARTES DEL RELÉ TÉRMICO



- | | | | |
|----|---|-----|---|
| 1. | Lámina bimetalica
(Protección térmica) | 6. | Pulsador de rearme
Selector de retorno manual o automático |
| 2. | Bilamina de compensación | 7. | Contactos de salida |
| 3. | Contactos de entrada | 8. | Pulsador de test |
| 4. | Regulador de intensidad de disparo | 9. | Contacto auxiliar NC |
| 5. | Pulsador de stop | 10. | Contacto auxiliar NA |

FUNCIONAMIENTO DEL RELÉ TÉRMICO



Los relés térmicos tienen tres tiras bimetálicas, a las que envuelven unas resistencias calefactoras por las que circula la corriente del motor, en caso de sobrecarga, las láminas bimetálicas se deforman por la acción del calor desplazando una corredera, efectuando la desconexión del circuito de fuerza del motor, a través del circuito de mando con el empleo de los contactos auxiliares NC 95-96. Así mismo, el contacto NA 97-98 se cerrará, pudiendo conectarse un piloto de color rojo que señalice la sobrecarga en el motor.

Los relés térmicos deben estar asociados a una protección contra cortocircuitos, como un disyuntor magnético o fusibles del tipo aM.

ELECCIÓN DEL RELÉ TÉRMICO

Para la elección se tendrá en cuenta que la intensidad a la que se desea ajustar dicho relé térmico esté en el margen de regulación, y que el relé debe estar adaptado al tiempo de arranque del motor, para ello existen tres tipos de disparo con sus correspondientes curvas.

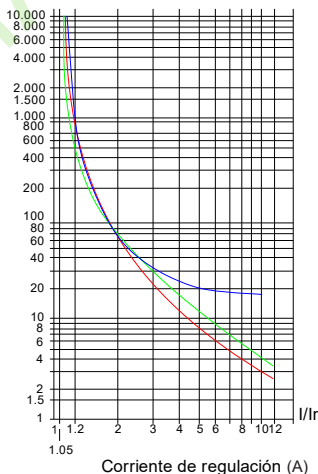
Tiempo de disparo en frío				
Clase	$1,05 I_r$	$1,2 I_r$	$1,5 I_r$	$7,2 I_r$
10 A	$> 2 \text{ h}$	$< 2 \text{ h}$	$< 2 \text{ m}$	$2 \text{ s} \leq t \leq 10 \text{ s}$
10	$> 2 \text{ h}$	$< 2 \text{ h}$	$> 4 \text{ m}$	$2 \text{ s} \leq t \leq 10 \text{ s}$
20	$> 2 \text{ h}$	$< 2 \text{ h}$	$> 8 \text{ m}$	$2 \text{ s} \leq t \leq 20 \text{ s}$
30	$> 2 \text{ h}$	$< 2 \text{ h}$	$> 12 \text{ m}$	$2 \text{ s} \leq t \leq 30 \text{ s}$

AJUSTES

Los relés de sobrecarga, están provistos de un tornillo de regulación sobre una escala de intensidad que permite el ajuste fino de la misma. La intensidad a la que se debe regular el relé térmico, corresponderá con la intensidad nominal del motor.

En los arranques estrella-triángulo, la posición del relé térmico puede implicar que la intensidad de regulación I_r sea $I_n/\sqrt{3}$.

Tiempo de disparo (s)



ACCIONAMIENTOS DEL RELÉ TÉRMICO

Además del tornillo de regulación de intensidad, dependiendo del fabricante, el relé térmico posee una serie de accionamientos que condicionan el modo de operación del mismo.

Pulsador de test Puede estar en formato corredera. Mediante este elemento de prueba se puede verificar el funcionamiento de los contactos auxiliares, el contacto NC 95-96 se abre y el contacto NA 97-98 se cierra.

Pulsador de stop Normalmente de color rojo, cuando es accionado abre el contacto NC 95-96, permaneciendo abierto hasta que cese dicha pulsación. Puede ser empleado para desconectar el contactor asociado y con éste el motor. A veces este pulsador tiene las funciones de rearme.

Pulsador de rearme Normalmente de color azul. Estando el relé térmico en posición de rearme manual, cuando se dispara el relé térmico debido a una sobrecarga o simplemente, por una acción de test, será necesario accionar este pulsador para retornar los contactos principales y auxiliares.

Selector de retorno manual o automático Establece el comportamiento del relé térmico una vez que éste se ha disparado por sobrecarga o se ha realizado una operación de test.

Retorno manual Cuando se active el relé térmico debido a una sobrecarga, los contactos auxiliares conmutarán, permaneciendo en esta posición hasta que sea accionado el pulsador de rearme, volviendo a su posición de reposo.

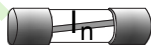
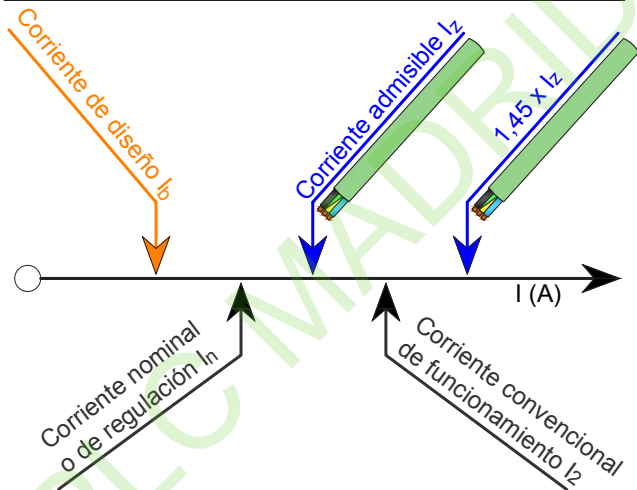
Se recomienda este tipo de selección en circuito de accionamiento local y en equipos en especial observación de mantenimiento. En todo caso, la operación de rearme debe hacerse por personal cualificado.

Retorno automático Cuando se active el relé térmico debido a una sobrecarga, los contactos auxiliares conmutarán, permaneciendo en esta posición hasta que se produzca el enfriamiento de las láminas bimetálicas, volviendo a su posición de reposo.

COORDINACIÓN ENTRE CONDUCTORES Y PROTECCIONES

Valores de referencia de las canalizaciones

Cargas	Conductores
 I_b	 I_z



Protección térmica

Características del dispositivo de protección

Ejemplo de aplicación 18:

Con una intensidad utilizada en un circuito $I_b = 38 \text{ A}$, calcular la protección y la sección del conductor que debe instalarse para cumplir con la coordinación entre conductores y protecciones, para calcular la intensidad máxima del conductor que en este caso es de 46 A:

Las fórmulas que tenemos que aplicar son las siguientes:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_z \leq 1,45 I_n$$

1º Paso: Calcular la intensidad nominal de la protección:

$$I_b \leq I_n$$

$$38 \text{ A} \leq 40 \text{ A}$$

La intensidad nominal de la protección será de 40 A.

2º Paso: Calcular la intensidad máxima admisible del conductor:

$$I_n \leq I_z$$

$$40 \text{ A} \leq 46 \text{ A}$$

La intensidad máxima admisible del conductor (I_z) será de 46 A y la sección correspondiente 10 mm².

3º Paso: Calcular la intensidad de disparo

Tipo doméstico (UNE EN 60.898), soportará en un tiempo máximo de 1 hora:

$$I_z = 1,45 \cdot I_n = 1,45 \cdot 40 \text{ A} = 58 \text{ A}$$

Tipo industrial (UNE EN 60.947-2) soportará en un tiempo máximo de 2 horas:

$$I_z = 1,30 I_n = 1,30 \cdot 40 \text{ A} = 52 \text{ A}$$

CÁLCULOS DE SECCIÓN / COORDINACIÓN CON EL I. AUTOMÁTICO

Fórmula	Legenda	Fórmula
Sobrecargas		Monofásico
Coordinación entre los conductores y los dispositivos de protección $I_b \leq I_n \leq I_z$	I_b = Intensidad de diseño	$I_b = \frac{P}{U \cdot \cos \varphi}$
	U = Tensión de fase	Trifásico
		$I_b = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi}$
	I_n = Intensidad nominal del dispositivo de protección	Ver Manual Protecciones eléctricas
	I_z = Intensidad máxima admisible por el conductor	Ver manual cálculo de secciones
Cortocircuito	I_2 = Intensidad que garantiza el funcionamiento del dispositivo de protección	$I_2 = 1,45 I_n$
$I_2 \leq 1,45 I_z$		
$I_m \leq I_{cc \min}$	I_m = Intensidad mínima de disparo magnetotérmico	$I_{cc \min} = \frac{0,8 \cdot U}{2R_{DI} + 2R_{LGA} + 2R_{CI}}$
	$I_{cc \min}$ = Intensidad de cortocircuito mínimo	Resistividad temp. máxima
$I_{cn} \geq I_{cc \max}$	I_{cn} = Intensidad máxima que puede cortar la protección	$I_{cc \max} = \frac{0,8 \cdot U}{2R_{DI} + 2R_{LGA}}$
	$I_{cc \max}$ = Intensidad de cortocircuito máximo	
$I_{cc} = \frac{S \cdot K}{\sqrt{t}}$	$I_{cc} (I_s)$ = Intensidad de cortocircuito máxima permitida por el conductor	Ver tabla p. 59 para hallar K
$L_{\max} = \frac{0,8 \cdot U \cdot S_f}{\sqrt{3} \cdot I_n \cdot \rho}$	$L_{\max}$ = Longitud máxima que garantiza el disparo de la protección	Resistividad Cobre $\rho_{Cu20^\circ} = 0,018 \ \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ $\rho_{Cu70^\circ} = 0,021 \ \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ $\rho_{Cu90^\circ} = 0,023 \ \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
R_{DI} = Res. Derivación individual R_{LGA} = Res. Línea General Alimentación R_{CI} = Res. Circuito interior		

CÁLCULOS DE SECCIÓN / COORDINACIÓN CON EL FUSIBLE

Fórmula	Legenda	Fórmula
Sobrecargas		Monofásico
Coordinación entre los conductores y los dispositivos de protección $I_b \leq I_n \leq I_z$	I_b = Intensidad de diseño	$I_b = \frac{P}{U \cdot \cos\varphi}$
	U = Tensión de fase	Trifásico
		$I_b = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi}$
	I_n = Intensidad nominal del dispositivo de protección	Ver Manual Protecciones eléctricas
	I_z = Intensidad máxima admisible por el conductor	Ver manual cálculo de secciones
Cortocircuito	I_f = Intensidad que garantiza el funcionamiento del dispositivo de protección	Ver Manual Protecciones eléctricas
$I_f \leq 1,45 I_z$		
$I_{nf} \leq I_{cc\min}$	I_{nf} = Intensidad mínima de disparo del fusible	$I_{ccmin} = \frac{0,8 \cdot U}{2R_{DI} + 2R_{LGA} + 2R_{CI}}$
	$I_{cc\min}$ = Intensidad de cortocircuito mínimo	Resistividad temp. máxima
$I_{cn} \geq I_{cc\max}$	I_{cn} = Intensidad máxima que puede cortar la protección	$I_{ccmax} = \frac{0,8 \cdot U}{2R_{DI} + 2R_{LGA}}$
	$I_{cc\max}$ = Intensidad de cortocircuito máximo	Resistividad temp. 20°
$I_{cc} = \frac{S \cdot K}{\sqrt{t}}$	$I_{cc} (I_s)$ = Intensidad de cortocircuito máxima permitida por el conductor	Ver tabla p. 59 para hallar K
$L_{max} = \frac{0,8 \cdot U \cdot S_f}{\sqrt{3} \cdot I_f \cdot \rho}$	L_{max} = Longitud máxima que garantiza el disparo de la protección	Resistividad Cobre $\rho_{Cu20^\circ} = 0,018 \ \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ $\rho_{Cu70^\circ} = 0,021 \ \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ $\rho_{Cu90^\circ} = 0,023 \ \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
R_{DI} =Res. Derivación individual R_{LGA} =Res. Línea General Alimentación R_{CI} =Res. Circuito interior		

Ejemplo de aplicación 19:

Una lavadora que consume 12 A, se pretende conocer la protección magnetotérmica y el comportamiento frente a los cortocircuitos. Ésta alimentada con un conductor de 2,5 mm² de sección que soporta una intensidad máxima de 18 A y tiene una longitud de 23 metros:

- Datos DI: 16 mm²; longitud 20 metros
- Datos LGA: 70 mm²; longitud 7 metros

1º Paso: Cumplir con el criterio de sobrecargas.

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$
$$12 \text{ A} \leq 16 \text{ A} \leq 18 \text{ A}$$

La protección ante sobrecargas esta cubierta, la intensidad de cálculo ($I_b=12 \text{ A}$) es inferior a la intensidad nominal de la protección ($I_n=16 \text{ A}$) y esta a su vez menor que la intensidad máxima admisible del cable ($I_z=18 \text{ A}$).

La intensidad nominal del dispositivo de protección para cumplir con este criterio será de 16 A.

2º Paso: Cumplir con los criterios de cortocircuito.

2.1 Intensidad para garantizar el disparo.

$$I_2 = 1,45 I_n$$
$$I_2 = 1,45 \cdot 16 \text{ A} = 23,2 \text{ A}$$
$$1,45 I_z$$
$$1,45 \cdot 18 \text{ A} = 26,1 \text{ A}$$
$$I_2 \leq 1,45 I_z$$
$$23,2 \text{ A} \leq 26,1 \text{ A}$$

El primer criterio esta cubierto al ser I_2 (23,2 A) menor que 1,45 veces la intensidad máxima admisible del conductor (26,1 A).

2.2 Intensidad de disparo mínima del interruptor magnetotérmico.

$$I_m \leq I_{cc_{min}}$$

El magnetotérmico elegido es de tipo “C” por lo tanto su curva de disparo actúa a un valor de 10 veces su intensidad nominal.

(Ver Tabla Curvas de disparo magnético)

$$I_m = 10 \cdot 16 A = 160 A$$

$$I_{CCmin} = \frac{0,8 \cdot U}{2R_{DI} + 2R_{LGA} + 2R_{CI}}$$

Para calcular los valores resistivos máximos de los conductores y hallar la Intensidad de cortocircuito mínimo se optará por la temperatura máxima admisible del conductor, 70° (Z1) para la derivación individual (DI), 90° (XLPE) para la línea general de alimentación (LGA) y 70° (PVC) para el receptor más lejano (CI).

$$R_{DI} 70^\circ = \frac{0,021 \Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m} \cdot 20 \text{ m}}{16 \text{ mm}^2} = 0,02625 \Omega$$

$$R_{LGA} 90^\circ = \frac{0,023 \Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m} \cdot 7 \text{ m}}{70 \text{ mm}^2} = 0,0023 \Omega$$

$$R_{CI} 70^\circ = \frac{0,021 \Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m} \cdot 23 \text{ m}}{2,5 \text{ mm}^2} = 0,1932 \Omega$$

$$I_{CCmin} = \frac{0,8 \cdot 230 \text{ V}}{2 \cdot 0,02625 \Omega + 2 \cdot 0,0023 \Omega + 2 \cdot 0,1932 \Omega} = 414,88 A$$

$$I_m \leq I_{cc_{min}}$$

$$160 A \leq 414,88 A$$

Se cumple con este criterio al ser menor la intensidad mínima de disparo del interruptor ($I_m = 160 A$) que la intensidad mínima de cortocircuito ($I_{cc_{min}} = 414,88 A$)

2.3 Poder de corte del interruptor magnetotérmico.

$$I_{cn} \geq I_{cc_{max}}$$

$$I_{CCmax} = \frac{0,8 \cdot U}{2R_{DI} + 2R_{LGA}}$$

Para calcular la resistencia del conductor y hallar la intensidad de cortocircuito máximo, se utilizarán los valores resistivos mínimos, utilizando la temperatura de los conductores a 20°.

$$R_{DI}^{20^{\circ}} = \frac{0,018 \, \Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m} \cdot 20 \, \text{m}}{16 \, \text{mm}^2} = 0,0225 \, \Omega$$

$$R_{LGA}^{20^{\circ}} = \frac{0,018 \, \Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m} \cdot 7 \, \text{m}}{70 \, \text{mm}^2} = 0,0018 \, \Omega$$

$$I_{CCmax} = \frac{0,8 \cdot 230 \, \text{V}}{2 \cdot 0,0225 \, \Omega + 2 \cdot 0,0018 \, \Omega} = 3.369,96 \, \text{A}$$

Para cumplir con el criterio de intensidad de cortocircuito máximo, el poder de corte del interruptor magnetotérmico debe ser de 4.500 A.

$$I_{cn} \geq I_{cc_{max}}$$

$$4.500 \, \text{A} \geq 3.369,96 \, \text{A}$$

Este criterio está cubierto al ser mayor el poder de corte del interruptor ($I_{cn} = 4.500 \, \text{A}$) que la intensidad máxima de cortocircuito ($I_{cc_{max}} = 3.369,96 \, \text{A}$)

El magnetotérmico seleccionado es de 16 A tipo C y con un poder de corte de 4.500 A

VALORES PARA LA CONSTANTE K: PARA UN CONDUCTOR ACTIVO

	Aislamiento del conductor							
	PVC 70°C ≤300 mm²	PVC 70°C >300 mm²	PVC 90°C ≤300 mm²	PVC 90°C >300 mm²	XLPE EPR	Caucho 60°C	Mineral	
							Con PVC	Desnudo
Temperatura inicial C°	70	70	90	90	90	60	70	105
Temperatura final C°	160	140	160	140	250	200	160	250
Material del conductor Cobre	115	103	100	86	143	141	115*	135
Material del conductor Aluminio	76	68	66	57	94	93	-	-
Conexiones soldadas con estaño para los conductores de Cobre	115	-	-	-	-	-	-	-
* Este valor se debe utilizar para cables desnudos expuestos al contacto.								

Sección mínima de los conductores para soportar un cortocircuito:

Las líneas eléctricas deben soportar corrientes de cortocircuito de corta duración hasta que actúen los elementos de protección. Un valor elevado de ésta tiene 2 efectos:

- Aumento del calor producido
- Aumento del campo magnético

$$I_{cc} = \frac{S \cdot K}{\sqrt{t}}$$

S = Sección del conductor

K = Constante del conductor

t = Duración del cortocircuito (Segundos) = 5 s

RELACIÓN DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS

Para estudiar el funcionamiento de los circuitos eléctricos es necesario conocer algunas magnitudes eléctricas, como intensidad de corriente, diferencia de potencial, resistencia y potencia eléctrica.

A continuación se expone una tabla con las formulas que interrelacionan estas magnitudes eléctricas fundamentales facilitando la comprensión de estas y sirviendo de ayuda al cálculo de secciones en los conductores.

Magnitudes		Corriente Alterna Monofásica	Corriente Alterna Trifásica
Potencia	P	$P = U \times I \times \cos \varphi$	$P = U \times I \times \cos \varphi \times \sqrt{3}$
	Q	$Q = U \times I \times \sin \varphi$	$Q = U \times I \times \sin \varphi \times \sqrt{3} = P \times \tan \varphi$
	S	$S = U \times I$	$S = U \times I \times \sqrt{3} = \sqrt{P^2 + Q^2}$
Tensión	U	$U = \frac{R \times I}{\cos \varphi} = \frac{P}{I \times \cos \varphi}$	$U = \frac{P}{I \times \cos \varphi \times \sqrt{3}} = \frac{S}{I \times \sqrt{3}}$
Intensidad	I	$I = \frac{U}{Z} = \frac{P}{U \times \cos \varphi}$	$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times U \times \cos \varphi} = \frac{S}{\sqrt{3} \times U}$
Impedancia	R	$R = \frac{U}{I} \times \cos \varphi$	$R = \frac{U}{I \times \sqrt{3}} \times \cos \varphi$
	X	$X = \frac{U}{I} \times \sin \varphi$	$X = \frac{U}{I \times \sqrt{3}} \times \sin \varphi$
	Z	$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$	$Z = \sqrt{R^2 + X^2} = \frac{U}{I \times \sqrt{3}}$



**Mucho más que
un reglamento**



Videoteca del
REBT



**ACTUALIZADO SEGÚN RD 1053/2014
ITC-BT 52 IRVE**

Ventajas de comprar nuestro reglamento



**Servicio de consultas
web**



**Plataforma web para
descargas.**



A todo color



Actualizado



**Servicio de consultas
online**



**Curso online del REBT con
diploma y bolsa de
empleo.**



**Encuadrado en
espiral.**



**Resúmenes Guía REBT y
normas UNE**

PLC MADRID

El portal del instalador electricista

Servicio de Gestión al Instalador



Ofrecemos el mejor servicio integral para el instalador electricista.

sgi@plcmadrid.es



Librería electrotécnica



Librería especializada para estudiantes y profesionales de la electricidad.

info@libreriaplcmadrid.es



SOFIA



Software para la realización de certificados de instalaciones eléctricas.

sofia@plcmadrid.es



La tienda del instalador electricista



Tu tienda on-line.

www.elinstaladorelectricista.es



Cursos especialmente pensados para el profesional de la electricidad
Grupos reducidos - Horarios flexibles: Mañanas, tardes, noches, fines de semana

Servicio de asesoramiento técnico a profesionales



Toledo, 176 (Gta. De las Pirámides)
Tfno.: 91 366 00 63 – Fax: 91 366 46 55
www.plcmadrid.es
E-mail: plcmadrid@plcmadrid.es
28005 Madrid. Metro PIRÁMIDES

P.V.P.: 5 €